

# AA6061 Alaşımının İki Farklı Dolgu Teli Kullanılarak TIG Kaynağında Özelliklerin İncelenmesi

Recep ARICI<sup>1\*</sup>, N. Sinan KÖKSAL<sup>2</sup>, Ece ÖMEROĞLU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Celal Bayar Üniversitesi Akhisar MYO Makine Bölümü, Tel: +90 236 412 9531, Faks: +90 236 413 7058, recep.arici@cbu.edu.tr

<sup>2</sup>Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Tel: +90 236 201 2362, Faks: 236 241 2143, sinan.koksal@cbu.edu.tr

<sup>3</sup>Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Tel: +90 236 201 2350, Faks: +90 236 241 2143, ece.omeroglu@cbu.edu.tr

\*İletişimden sorumlu yazar

Geliş / Recieved: 29 Nisan (April) 2015  
Kabul / Accepted: 26 Ekim (October) 2015

## Özet

Bu çalışmada AA6061 alüminyum malzemeler, ER 5356 ve ER 4043 dolgu teli kullanılarak TIG kaynak yöntemiyle alın altına birleştirilmiştir. Kullanılan dolgu tellerin kaynağa etkileri, radyografik testler, çekme testi, sertlik ölçümleri ve mikro yapı görüntüleri ile incelenmiştir.

Sonuçlarda; farklı kaynak dolgu telleri ile kaynakların radyografik film görüntülerinde belirgin bir kusura rastlanmamıştır. Kaynak kök ve dolgu pasolarında mikroçatlak oluşumuna karşı dolgu telinin standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir. Numunelere uygulanan çekme deneylerinde ve sertlik ölçümlerinde kullanılan dolgu tele bağlı olarak değişimler belirlenmiştir. Kırılma bölgesi ve yüzeyler incelendiğinde kaynak bölgesinden olmayan sünek kırılma görülmüştür. Çekme deneyi sonuçlarında, ER 5356 dolgu telli numunelerin çekme ve kopma dayanımının da ER 4043 dolgu teli ile yapılan kaynaktan daha iyi olduğu elde edilmiştir. İy yapı incelemelerinde, özellikle ER4043 dolgu teli kullanılan numunelerde, dentritik yapı belirgin olarak görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum alaşımları, AA6061, ER 4043, ER 5356, TIG kaynağı.

## The Investigation of Properties in TIG Welding with Two Different Filler Wire of AA 6061

### Abstract

In this study, AA6061 aluminium was applied by butt welding using GTAW welding wire ER5356 and ER4043. The effects of the welding wire used radiographic tests, tensile test, hardness measurements and microstructure images were examined.

In results, different welding wire is displayed as radiographic not affect the form of the welding seam. Some sections of root weld in details were determined as the partial irregularity. Depending on the wire used for the tensile test and hardness testing of changes applied to the sample is determined. Ductile fracture was seen when examined the fracture surfaces. The tensile test results, ER5356 electrode and the tensile breaking strength of the sample was obtained from sources which is better than with ER 4043 wire. Internal investigations in specimens, especially ER4043 wire used samples were found significantly dendritic structure.

**Keywords:** Aluminium alloys, AA6061, ER 4043, ER 5356, TIG welding.

## 1 Giriş

Alüminyum, günümüzde mekanik özelliklerinin avantajlarından dolayı çelik alaşımlarından sonra en yaygın kullanım alanına sahip metalidir. Alüminyumun ideal ve ekonomik bir malzeme olmasını sağlayan en önemli özelliklerin başında; uygun mekanik özelliklerinin yanında düşük ağırlığa sahip olması, geri dönüşebilir olması, kolay işlenebilme ve biçimlendirilebilmesi, yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, magnetik olmaması gibi özelliklerinden dolayı kullanımı yaygınlaşmıştır [1-3].

6061 serisi alüminyum alaşımlarının korozyon dayanımının yüksek olması ve kaynak yapılabirliğinin iyi olmasından dolayı özellikle kazan imalatında da kullanılmaktadır.

Diğer endüstriyel uygulamalar kapsamında özellikle savunma ve uçak sanayi olmak üzere uzay uygulamalarında, demiryolu vagon imalatında, gemi inşa sektöründe, hafiflik değerinin ön plana çıktığı köprü, kule, boru ve perçin gibi makine elemanları imalatında yaygın bir kullanım alanına sahiptir [4-5].

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağı, çeliğin kaynağına benzemez. Bu nedenle malzemelerin fiziksel ve metalürjik özelliklerine göre özel önlem alınması gereken durumlar söz konusudur. Son yıllarda alüminyum ve alaşımlarının kaynağında gazaltı kaynak yöntemleri daha sık tercih edilmektedir [6].

Alüminyum malzemelere uygulanan, TIG ve MIG kaynak yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, kaynak bölgesinin mikro yapı ve mekanik özellikleri bakımından MIG kaynak yöntemine göre TIG kaynak yönteminin metalürjik özellikleri açısından daha çok tercih edildiği vurgulanmaktadır [6-11]. Bu özellikler malzemelerin mekanik özelliklerini belirleyerek kullanım şartlarına uyumunu ve ürünün ömrünü doğrudan etkilemektedir.

Alüminyum TIG kaynak yöntemi ile kaynak yapıldığında çalışma gürültüsü yüksek olduğu için operatör çalışırken genellikle kulaklık takmaktadır. Deneylerini yaptığımız kaynak makinasının sahip olduğu güç kaynağı, minimum seviyelerde çalışma gürültüsü sağladığı için özellikle tercih edilmiştir. Ayrıca tercih ettiğimiz bu makine invertörlü ve elektronik hafıza kartlı kaynak makinesinin sahip

olduğu güç kaynağı düzeneğine sahiptir. Bu güç kaynağı ile kademeli alternatif akım ayarı kullanılmaktadır. Bu durum sonucunda sinüzoidal veya dikdörtgenel kaynak akımının seçimi ile hem çok kararlı hem de çok yumuşak kaynak geçişleri yapılarak gürültüsüz ve kesintisiz kaynak uygulamasına ulaşılmıştır.

TIG kaynak yönteminde, mekanik özelliklere etki eden kaynak değişkenlerin kontrolü için ark kontrol parametrelerinin etkisi göz önünde tutulmaktadır. En önemli parametreler; kaynak hızı, kaynak amperi, gaz debisi ve kaynak dolgu teli olarak öne çıkmaktadır [13-14]. Bu parametrelerdeki değişimler kaynak verimi, kaynak bölgesi, metalürjik ve mekanik özellikleri oldukça etkilemektedir.

Bu çalışmada, ana malzeme olarak seçilen AA6061 alüminyum malzemeye mukayese edebilmek için magnezyum içeren ER 5356 dolgu teli ve silisyumlu ER 4043 dolgu teli kullanılarak TIG alın kaynağı 7 pasoda uygulanmıştır. Özellikle bu dolgu telleri seçilerek kaynak bölgesindeki Mg<sub>2</sub>Si yapısının süneklik ve çatlama eğilimine karşı gösterdiği değişimler esas alınmıştır.

Radyografik gözlemlerin standartlardaki karşılığı araştırılarak sünekliğe olan etkisini de çekme testi, sertlik ölçümleri ve mikro yapı ile incelenmiştir. Çekme deneylerinde ve sertlik ölçümlerinde kullanılan dolgu teline bağlı olarak değişimler belirlenmiştir. Çekme deneyinde kaynak bölgesinden olmayan sünek kırılma görülmüştür. Sonuçlarda, her iki dolgu telli numunelerin çekme ve kopma dayanım değerlerinde yakın değerler elde edilmiştir. İyapı incelemelerinde, özellikle ER4043 dolgu teli kullanılan numunelerde, dentritik yapının daha belirgin olarak görüldüğü saptanmıştır.

## 2 Materyal ve Metod

Ticari ürünlerden temin edilen AA6061 malzemeler, yarı otomatik TIG kaynak yöntemi ile alın alına iki farklı kimyasal bileşimli dolgu teli kullanılarak birleştirilmiştir.

### 2.1. Malzeme

Alüminyum-magnezyum ve silisyum alaşımına sahip 6061 malzemesi alüminyum esaslı kaynaklı

imalat sahasında mekanik özelliklerinin iyi olmasından dolayı yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

Deney malzemesi olarak kullanılan numunelerin kimyasal bileşimi Tablo 1’de ve mekanik özellikleri ise Tablo 2’de verilmektedir. Alüminyum levhalar, ER 5356 tipi ilave dolgu telle kaynak edilen 225 x 315 x 10 mm, diğeri ER 4043 tipi ilave dolgu telin kullanıldığı 200 x 310 x 10 mm boyutlarında hazırlanmış ve standartlara uygun bir şekilde V kaynak ağzı açılmıştır.

**Tablo 1.** AA6061 Alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyonu (% ağırlık)

Malzeme	Cu	Fe	Si	Zn	Mn
AA6061	0,23	0,4	0,63	0,16	0,13
	Mg	Pb	Cr	Al	
	0,90	0,03	0,17	Kalan	

**Tablo 2.** Alüminyum alaşımının mekanik özellikleri [11].

Çekme Dayanımı (Rm) (MPa)	125
Akma Dayanımı (R <sub>p0,2</sub> ) (MPa)	55
Uzama (%)	26
Kesme Modülü (MPa)	83
Elastisite Modülü (GPa)	68,3

## 2.2. İlave (Dolgu tel) Malzemeleri

A numunesinde AWS A5.10 standardına göre ER 5356 olarak tanımlanan ve DIN 1732 standardındaki karşılığı SG-ALMg5 klasifikasyon değerlerini içeren kaynak dolgu teli kullanılmıştır. Bu dolgu teli özellikle %3’den fazla Mg içeren alüminyum alaşımlarının kaynağında kullanılır. Ayrıca bu dolgu teli deniz suyunun oluşturduğu korozyona karşı dayanıklıdır [12].

B numunesi olarak kullanılan AWS A5.10 standardına göre ER 4043 olarak tanımlanan veya DIN 1732 standardındaki karşılığı SG-ALSi5 klasifikasyon değerlerini içeren kaynak dolgu teli özellikle %5’den fazla Si içeren döküm ve hadde alüminyum alaşımlarının kaynağında kullanılır. Özellikle %2’den daha az alaşım elementi içeren alüminyum alaşımlarının kaynağında kullanılır [12].

**Tablo 3.** ER 4043 ve ER 5356 kaynak dolgu tellerinin tipik kimyasal analizleri (%)

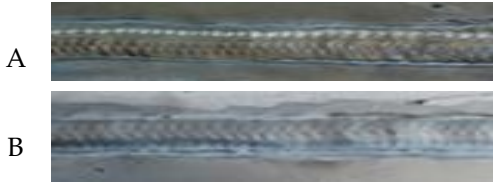
İlave Dolgu tel	ER 5356	ER 4043
Si	<0,25	4,5–6,0
Fe	<0,4	<0,8
Cu	<0,1	<0,3
Mn	0,05–0,20	<0,05
Mg	4,5–5,5	<0,05
Cr	0,05–0,20	-
Zn	<0,10	<0,10
Ti	0,06–0,20	<0,20
Al	Kalan	Kalan

## 2.3. Kaynaklı Birleştirme

TIG kaynak yöntemiyle birleştirilecek levhalar aşağıda kullanılan parametreler yardımıyla kaynak öncesi ve kaynak esnasında uyulması gereken kurallara dikkat edilerek kaynak işlemi başarı ile tamamlanmıştır.

**Tablo 4.** Kaynak Parametreleri

Kaynak Prosesi	141 – TIG
Birleşim Şekli	BW – Alın
Malzeme Kalınlığı	10 mm
Malzeme Standartı	ISO: AlMg1SiCu / BS:H20
Malzeme Cinsi	AA 6061 T0
Kaynak Pozisyonu	PA
Hazırlık Metodu	Taşlama, Fırçalama, Yağ alma
Kaynak Hızı	Manual
Kaynak Akımı	160-220 Amper (A)
Dolgu teli	AWS A5.10 ER 5356 (A Numunesi)
	AWS A5.10 ER 4043 (B Numunesi)
Koruyucu Gaz Tipi	EN 439-11 %100 Argon
Gaz Debisi	10 lt/da
Kaynak sonrası tavlama	Uygulanmadı



Şekil 1. A ve B numunelerinin kaynak görünüşleri

### 3 Bulgular ve Tartışma

Yapılan araştırmaların sonuçları, deneysel bulgular ve tartışmalar başlığı altında iki ayrı kategoride değerlendirilmektedir.

#### 3.1. Deneysel Bulgular

Kaynak işleminden sonra levhaların tahribatsız test yöntemlerinden olan radyografi kontrolü DIN EN ISO 17635 kurallarına göre değerlendirilmiştir. Radyografik kabul kriter esasları ise DIN EN ISO 10675-2 göre kabul edilmiştir. Elde edilen radyografi film görüntüleri Şekil 2.'de verilmektedir.



Şekil 2. Kaynak sonrası A ve B numunelerinin radyografik görünümü

B numunesinde kullanılan ER 4043 Silisyumlu dolgu telin kaynağında Şekil 3.'de detayı verilen kök paso civarındaki aşırı yoğunluk belirgin bir şekilde diğer film görüntüsü ile kıyaslanabilmektedir. Sertlik ve mikro yapı görüntülerinde de belirgin olarak ifade edilen dentritik yapının özellikle ITAB'ın etkisi olduğu yapı değişimlerinde homojen etkiyi olumsuz etkilemektedir.



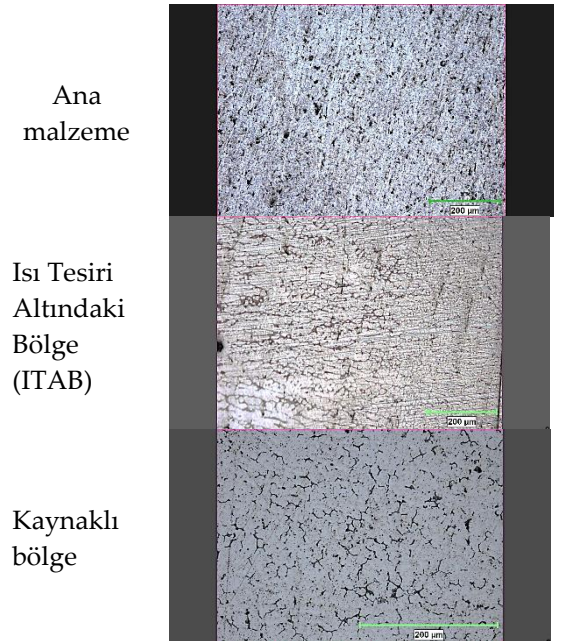
Şekil 3. B numunesindeki kök paso film görünümü

Diğer A numunesi ile yapılan kaynağın kök nüfuziyetinde standartlara uygun homojen dağılımın olduğu görülmektedir.

Metalografik incelemeleri için numuneler öncelikle 60, 200, 400, 600, 800, 1000 ve 1200 gritlik silisyum karbür (SiC) zımparalarla kademe kademe zımparalandıktan sonra keçe ile parlatma işlemine geçilmiştir.

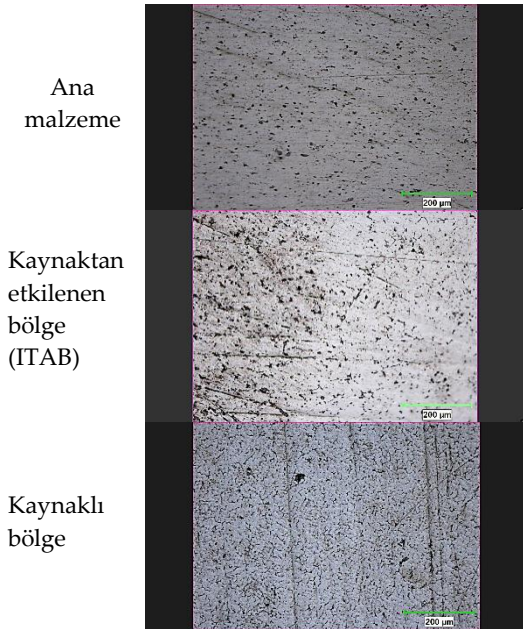
Dağlama sıvısı olarak Keller çözeltisi (95 ml saf su, 2,5 nitrik HNO<sub>3</sub>, 1,5 HCl ve 1 HF) ile dağlama işlemi uygulanmıştır.

Şekil 4'te A numunesi (ER 5356) numunesinden elde edilen X100 büyütme metalografik görüntüleri sırasıyla; ana malzeme, geçiş bölgesi (ITAB) ve kaynaklı bölge görüntüleri aşağıda verilmektedir.



Şekil 4. A numunesinin mikro yapı görüntüleri (x100)

Şekil 5'te B numunesi (ER 4043) numunesinden elde edilen X100 büyütme metalografik görüntüleri sırasıyla; ana malzeme, geçiş bölgesi (ITAB) ve kaynaklı bölge görüntüleri verilmektedir.



Şekil 5. B numunesinin mikroyapı görüntüleri (x100)

Şekillerdeki ITAB içyapı görüntülerinde; özellikle B numunesinde ana metalle kaynaklı bölgenin birleşme bölgelerinde kısmi kılcal çatlak yapı görünümü hassas bölgeler olduğu görülmüştür.

Metalografi inceleme sonucu kaynak ve ITAB bölgesinde dentritik yapılar görülmektedir. Özellikle ER 4043 kaynak bölgesinde ana metale göre tane sınırları daha belirgin ve yönlü şekildedir. Ana metalde Si elementinin homojen bir dağılımı olduğu görülmektedir. ITAB da ise daha düzensiz bir yapıya görülmektedir.

ER 5356 yapısındaki Mg yapıda homojen dağılım göstermektedir. Kaynak işleminin sağladığı ısı etkisi ile bileşikler kaynak metaline doğru yönlendirilerek çizgisel, ana metal bölgesine doğru ise daha kalın ve bazı noktalarda toplu olarak oluşmaktadır.

### 3.2. Deneysel Tartışma

Radyografik görüntüleri alınan her bir kaynaklı levhalardan ayrı ayrı iki numune sertlik ölçümü, iki numune mikro yapı incelemesi ve standartlara uygun toplam 10 adet çekme deney çubukları hazırlanmıştır.

TS 5789 standart gereklerine uygun olarak hassas bir frezeleme işlemi uygulanarak elde edilen çekme çubukları, Shimadzu AG-IS (100kN) ticari markalı

üniversal çekme deney cihazı ve ilave edilen video ekstansiyometre kullanılarak deneysel çalışma tamamlanmıştır. Deney normal ortam sıcaklığında ve 1 mm/dak. çekme hızında numuneler kopana kadar yapılmıştır. Deney sonrası çekme çubuklarının görüntüleri Şekil 6 ve Şekil 7'de ayrı ayrı görüntülenmektedir.



Şekil 6. Çekme deney sonrası A tipi numunelerinin görüntüleri



Şekil 7. Çekme deney sonrası B tipi numunelerinin görüntüleri

Çekme testlerinde A ve B numunelerinden beşer adet numune ile çekme deneyleri yapılarak bunların ortalama maksimum çekme dayanım değerleri bulunmuştur. Numunelerin hiçbiri kaynak bölgesinden kopmamıştır.

**Tablo 5.** AA6061 ER 5356 numunelerinin çekme deneyi sonuçları

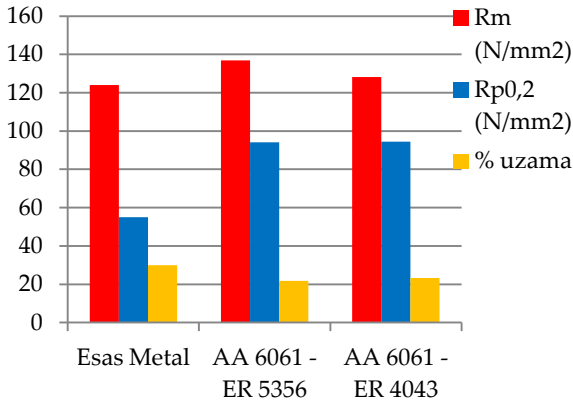
Numune	A1	A2	A3	A4	A5	Aort.
Çekme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	135,54	136,96	140,96	132,57	138,04	<b>136,81</b>
Kopma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	109,64	76,68	108,18	93,57	109,96	<b>99,60</b>
Akma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	104,54	93,67	94,75	89,57	87,96	<b>94,10</b>
Uzama (%)	22,55	20,99	21,25	21,47	22,86	<b>21,83</b>

**Tablo 6.** AA6061 ER 4043 numunelerinin çekme deneyi sonuçları

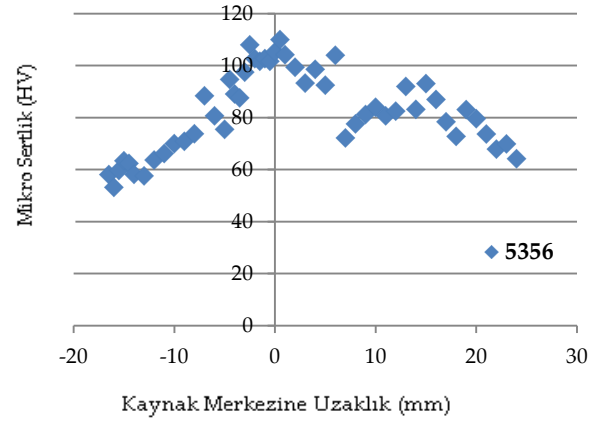
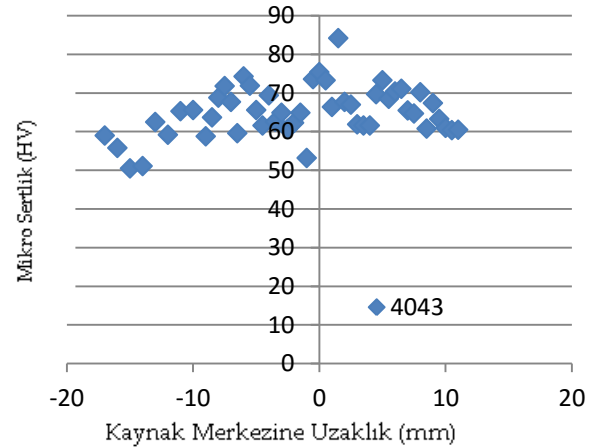
Numune	B1	B2	B3	B4	B5	B <sub>ort.</sub>
Çekme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	132,32	126,78	135,03	111,46	135,53	<b>128,22</b>
Kopma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	74,53	94,392	95,17	86,60	106,57	<b>91,45</b>
Akma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	110,04	86,35	99,60	74,67	101,82	<b>94,499</b>
Uzama (%)	21,65	22,37	23,495	26,20	22,94	<b>23,33</b>

Çekme deney sonuçlarında, kaynaklı bağlantıların dayanım değerlerinin ana metalin dayanım değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kırılma yüzeyleri incelendiğinde; mat, pürüzlü, boyun oluşturarak koptuğu ve kaynaktan kopmadığından dolayı tipik sünek kırılma olduğu açıkça göstermektedir.

Çekme deney sonuçları grafik olarak Şekil 8’de karşılaştırılmıştır.

**Şekil 8.** Çekme deney sonuçlarının karşılaştırılması

Numuneler metalografik ilke ve kurallarına uygun zımparalandıktan sonra EMCO TEST Vickers makro sertlik ölçüm cihazında 10 sn. boyunca 1000gf’lik kuvvet uygulanarak sertlik değerleri alındı. Yaklaşık 2 mm aralıklarla ana malzeme, ITAB ve kaynak bölgelerinden ölçümler alındı. Her bir numune için ölçülen sertlik değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 9 ve Şekil 10’da verilmektedir.

**AA6061 - ER 5356 - AA6061****Şekil 9.** A numunesinin sertlik değişimleri**AA6061 - ER 4043 - AA6061****Şekil 10.** B numunesinin sertlik değişimleri

Sertlik ölçümlerinde, numunelerdeki ana metal ve kaynak bölgesi incelendiğinde, ER5356 dolgu teli ile kaynaklı numunelerin ER4043 dolgu teline göre daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

#### 4 Sonuçlar

AA6061 alüminyum levhalar, ER5356 ve ER4043 dolgu telleri kullanılarak TIG yöntemi ile alın kaynak işlemiyle başarılı bir şekilde birleştirilmiştir.



Radyografik film görüntüleri standartların kabul değerlerindedir. Kullanılan dolgu teli bileşimine bağlı olarak kaynakların radyografik görüntülerinde herhangi bir farklılık gözlenmemiştir.

Çekme deneylerindeki kopmaların kaynaklı bölgeden kopmadığı, ana metal kısmından koptuğu gözlemlenmiştir.

Numunelerin mekanik özellikleri karşılaştırıldığında akma, çekme ve uzama değerlerinin yakın olduğu anlaşılmaktadır. Dolgu tellerinde etkin olan düşük Si (ER 4043 dolgu teli) ve yüksek Mg (ER 5356 dolgu teli) içeriklerinin mekanik özelliklerini çok fazla etkilemediği görülmüştür. Kullanılan her iki tel için ana malzemeden daha fazla akma dayanımı elde edilmiştir.

Dolgu telleri içerisindeki alaşım elementlerinin maliyete olan etkisi karşılaştırıldığında, yaklaşık 1\$ daha pahalı olan ER 4043 teli ile ER 5356 dolgu telleri arasında mekanik özelliklerde belirgin bir fark görülmemiştir.

## 5 Teşekkür

Çalışmadaki numunelerin temini ve kaynakların yapılmasında yardımlarını gördüğümüz, HMS şirketi yetkililerine ve Kaynak Müh. Eray Aksüt'e teşekkür ederiz.

## 6 Referanslar

- [1] Khotiyan S.K.; Kumar S. Investigation of microstructure and mechanical properties of TIG and MIG welding using aluminium alloy, *International Journal of Education and Research Review*, 2014; 1(5), 90-96.
- [2] Maissonette D.; Wsuery M.; Nelias D.; Chauder P.; Epicier T. Effects of heat treatments on the microstructure and mechanical properties of a 6061 aluminium alloy, *Material Science and Engineering A* 2011; 528, 2718-2724.
- [3] Prakash J; Tewari S.P; Srivastava B.K. Shielding gas for welding of aluminium alloys by TIG/MIG welding A review, *International Journal of Modern Engineering Research (JMERE)*, 2012; 1, 690-699.
- [4] Kumar A; Gautam S.S; Kumar A. Heat input and joint efficiency of three welding processes TIG, MIG

and FSW using AA6061, *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 2014; 1; 89-94.

[5] Verna R.P; Pandey K.N. Investigation of fatigue life of 6061-T6 and 5083-O aluminium alloys welded by two welding processes manual metal arc welding and metal inert gas welding, *International conference on mechanical and industrial engineering (ICMIE)-9<sup>th</sup>*, 2012.

[6] Köksal N.S.; Türkmen İ.; Yalçın H. Farklı metallerde TIG kaynağının mekanik özelliklere etkisinin deneysel ve teorik olarak incelenmesi, 2nd International Conference on Welding Technologies and Exhibition, ICWET'12, 23-25 May, Ankara-Turkey, 529-538, 2012.

[7] Volpone L.M.; Mueller S. Joints in Light Alloys Today: The Boundaries of Possibility, *Welding International*, 2008; 22 (9), 597-609.

[8] Sivashanmugam M.; Jothi S.; Kumar T.; Sathishkumar M., Investigation of Microstructure and Mechanical Properties of GTAW and GMAW joints on AA7075 Aluminium Alloy, *Frontiers in Automobile and Mechanical Engineering (FAME)*, 2010, 241-246.

[9] Kaluç E. Kaynak Teknolojisi El Kitabı, MMO, Cilt 1, Kocaeli, 2004; 56 pp.

[10] Mathers G. The Welding of Aluminium and Its Alloys Today, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, UK, 2002; 84 pp.

[11] Durgutlu A. Aluminyum TIG Kaynağında Argon-Hidrojen Gaz Karışımının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisi, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi*, 2007; 10 (3), 271-276.

[12] Lincolnelectric aluminium consumables page, <http://www.lincolnelectric.com/en-us/consumables/aluminum-mig-tig/Pages/aluminum-mig-tig.aspx>, 28.04.2015.

[13] Liu Y.; Wang W.; Xie J.; Sun S.; Wang L.; Qiana Y.; Menga Y.; Wei Y. Microstructure and Mechanical Properties of Aluminyum 5083 Weldments by Gas Tunsten Arc and Gas Metal Arc Welding, *Materials Science and Engineering A*. 2012; 549, 7-13.

[14] Singh L.; Shah V.; Singh N. Study of Influence of TIG Welding Parameters on Weld Characteristic of 5083 Aluminium Alloy, *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology* 2013; 2, 462-468.